

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1942

N°

71

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PRÉSENTÉE PAR

Albert-Jean DIF

Né le 21 août 1908 à Apremont (Cher)

15 AVR. 1942

Hygiène de l'Ouvrier
dans la soudure autogène

Président : M. TANON

VIGOT FRÈRES, EDITEURS
23, rue de l'Ecole de Médecine

PARIS - VI^e

1942

17

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1942

N°

THÈSE
POUR LE
DOCTORAT EN MÉDECINE
(Diplôme d'État)

PRÉSENTÉE PAR

Albert-Jean DIF

Né le 21 août 1908 à Apremont (Cher)

Hygiène de l'Ouvrier
dans la soudure autogène

Président : M. TANON

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS
23, rue de l'Ecole de Médecine
PARIS - VI^e

1942

I. — PROFESSEURS

MM.

Anatomie	ROUVIERE.
Physiologie	Léon BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	POLONOVSKI.
Bactériologie	GASTINEL.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	N...
Pathologie chirurgicale	QUENU.
Anatomie pathologique	LEROUX.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	AUBERTIN.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	DUVOIR.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LÉVY-VALENSI.
Pathologie expérimentale et comparée	Henri BÉNARD.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	CHIRAY.
	ABRAMI.
	FIESSINGER.
Clinique Médicale	PASTEUR-VALLERY-
	RADOT.
	HARVIER.
Hygiène et clinique de la première enfance	CATHALA.
Clinique des maladies des enfants	Robert DEBRE.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	LAIGNEL - LAVASTINE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
	MONDOR.
	GOSSET.
Clinique chirurgicale	CADENAT.
	LENORMANT.
Clinique ophtalmologique	VELTER.
Clinique urologique	CHEVASSU.
	COUVELAIRE.
Clinique d'accouchements	PORTES.
	LÉVY-SOLAL.
Clinique gynécologique	MOCQUOT.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	LEVEUF.
Clinique thérapeutique médicale	LOEPER.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	BROCQ.
Clinique propédeutique	Maurice VILLARET.
Clinique de la tuberculose	TROISIER.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU.
Clinique de cardiologie	DONZELOT.
Clinique de neuro-chirurgie	Clovis VINCENT.
	DOGNON.
	HAZARD.
	JAYLE.
Professeurs sans chaire	OLIVIER.
	VERNE.
	SANNIÉ.



II. — AGREGES EN EXERCICE

MM.		MM.	
AMELINE	Pathologie chirurgicale.	GIROUD	Histologie.
BARIÉTY	Pathologie médicale.	HAGUENAU ...	Pathologie médicale.
BERNARD (E.).	Pathologie médicale.	HALPHEN	Oto-rhino-laryngologie.
BEZANÇON (J.).	Hydrologie.	JOANNON	Hygiène.
BONNET	Bactériologie.	LACOMME	Obstétrique.
BOULIN	Pathologie médicale.	LANTUÉJOUL .	Obstétrique.
BROUET	Pathologie médicale.	LAVIER	Parasitologie.
BULLIARD	Histologie.	LELONG	Pathologie médicale.
CACHERA	Pathologie médicale.	LEMAIRE	Pathologie expérimentale.
CORDIER	Anatomie.	LENÈGRE	Pathologie médicale.
COSTE	Pathologie médicale.	M ^{lle} J. LÉVY ..	Pharmacologie.
COUVELAIRE		MARCHAL	Pathologie médicale.
(Roger)	Urologie.	MÉNÉGAUX ...	Pathologie chirurgicale.
DELARUE	Anatomie pathologique.	MOLLARET ...	Pathologie médicale.
DELAY	Pathologie médicale.	MOUQUIN	Pathologie médicale.
DEGREZ (H.).	Physique.	PATEL	Pathologie chirurgicale.
DESOILLE	Médecine légale.	PETIT-DUTAIL-	
DIGONNET	Obstétrique.	LIS	Pathologie chirurgicale.
DOGNON	Physique.	RENARD	Ophtalmologie.
FEVRE	Pathologie chirurgicale.	RICHET	Physiologie.
FUNCK-BREN-		SÈNEQUE	Pathologie chirurgicale.
TANO	Pathologie chirurgicale.	SICARD	Pathologie chirurgicale.
GALLIARD	Parasitologie.	SOULIE	Pathologie médicale.
GARCIN	Pathologie médicale.	SUREAU	Obstétrique.
M ^{lle} GAUTHIER-		TURPIN	Pathologie médicale.
VILLARS ...	Anatomie pathologique	WILMOTH	Pathologie chirurgicale.
DE GENNES ...	Pathologie médicale.		

III. — AGREGES RAPPELES A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.		MM.	
ALGLAVE	Pathologie chirurgicale.	LE LORIER ...	Obstétrique.
CHAILLEY-		NEVEU-	
BERT	Physiologie.	LEMAIRE ...	Parasitologie.
GUÉNIOT	Obstétrique.	PIEDELIEVRE .	Médecine légale.
HEITZ-BOYER	Pathologie chirurgicale.	VAUDESCAL	Obstétrique.
HUGUENIN...	Anatomie pathologique.		

IV. — AGREGES CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent

MM.

ALAJOUANINE.

BRULÉ.

CHABROL.

CHEVALLIER.

LAROCHÉ (G.).

LIAN.

MOREAU.

SÉZARY.

MM.

BASSET.

GATELLIER.

DE GAUDART
D'ALLAINES.

MOULONGUET.

MCURE.

Clinique chirurgicale.

MM.

ECALLE.

VIGNES.

Clinique obstétricale.

V. — CHARGES DE COURS

MM.

CHAILLEY-BERT, agrégé. Education physique.

LEDOUX-LEBARD Radiologie clinique.

DECHAUME Stomatologie.

WEIL-HALLÉ Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.



A LA MEMOIRE DE MON PERE

A MA MERE

A MA SŒUR ET A MON BEAU-FRERE

A MON FRERE

A MONSIEUR LE PROFESSEUR TANON
Professeur à la Faculté de Médecine de Paris

*Qui nous a fait le très grand hon-
neur d'accepter la présidence de notre
jury de Thèse.*

En respectueux hommage.

A MES MAITRES DE L'ECOLE DE MEDECINE
DE CLERMONT-FERRAND

A MES MAITRES DE LA FACULTE DE MEDECINE
DE PARIS

Introduction

On appelle soudure l'ensemble des procédés utilisés industriellement pour assembler, par fusion, des pièces métalliques. Alors que le rivetage réalise cet assemblage par un procédé purement mécanique, la soudure réalise l'union intime des deux pièces en présence par la fusion du métal des bords, accompagnée, le plus souvent, d'un apport de métal, également en fusion. Si ce métal n'est pas de même nature que celui qui constitue les pièces à souder, la soudure est dite « hétérogène ». S'il est de même nature, elle est dite « autogène ». Nous nous occuperons seulement de la soudure autogène.

Ce procédé d'assemblage met en œuvre des techniques relativement nouvelles et son emploi s'est étendu rapidement dans toutes les branches des industries mécaniques. On a pu réaliser avec son aide des constructions aussi importantes que des ponts métalliques ou des croiseurs, entièrement soudés.

La fusion du métal nécessite une chaleur intense qui est obtenue, soit par la flamme du chalumeau

oxy-acétylénique, soit par l'arc électrique, tout au moins dans les procédés usuels. On conçoit qu'il se produit, au cours de l'opération, des phénomènes physico-chimiques importants. Ces phénomènes peuvent-ils avoir une action néfaste sur l'organisme de l'ouvrier? C'est ce que nous nous proposons d'étudier.

Des milliers d'ouvriers soudent depuis des années, sans que leur santé soit altérée de ce fait et on peut dire que le métier de soudeur n'est pas un métier dangereux. Nous n'allons pas, cependant, jusqu'à partager l'optimisme d'une commission militaire qui, chargée, en 1917, d'enquêter sur ce sujet, concluait que les soudeurs jouissaient d'une santé générale meilleure que les autres ouvriers et qui conseillait d'employer à la soudure électrique les affaiblis et les chétifs, en raison de l'influence bénéfique que ne manquerait pas d'avoir sur leur état les rayons ultraviolets, l'ozone et les émanations ferreuses produites par l'arc. Nous ne croyons pas, non plus, devoir légitimer l'émotion qui s'est emparée des milieux ouvriers à l'occasion d'un accident, peut-être dû à une intoxication saturnine, survenu à un arco-soudeur, aux Chantiers de la Loire, en 1934, lors de la construction du croiseur *Marseillaise*. L'action des Syndicats, qui eut son écho dans la grande presse, tendait à rien de moins qu'à faire interdire la soudure électrique. Or, le rapport des médecins experts, que nous avons eu sous les yeux, est extrêmement prudent et démontre que tout le bruit fait autour de cet événement était exagéré.

Nous pensons qu'entre l'optimisme des uns et le pessimisme des autres, c'est dans un juste milieu que se trouve la vérité. Les procédés de soudure autogène peuvent être la cause de lésions variées, le plus souvent bénignes, qui ont été constatées dans des observations nombreuses. Les étiologies de ces lésions ont pu être, à la suite d'enquêtes sérieuses, définies d'une façon précise. Il est possible, en conséquence, par certaines conditions d'emploi des appareils et par un équipement individuel spécial du soudeur, d'obtenir une protection efficace.

Nous allons étudier, après un bref aperçu technique, les phénomènes physiques et chimiques qui peuvent constituer un danger pour l'ouvrier, puis les différents troubles organiques constatés chez les soudeurs. Enfin, nous verrons les moyens de protection employés.

CHAPITRE PREMIER

Aperçu technique

Pour souder deux pièces métalliques en contact, il faut arriver à amener leurs bords à l'état de fusion. Il faut donc utiliser une source de chaleur importante. Cette énergie calorifique peut être apportée par la combustion d'un gaz ou par transformation de l'énergie électrique.

Les deux principaux modes de soudure autogène, universellement employés, sont ceux où la source de chaleur est la flamme du chalumeau oxy-acétylénique ou l'arc électrique.

Pourtant l'énergie électrique est communément employée sous forme d'effet Joule dans les appareils dits, de soudure par résistance. Dans ce procédé, il n'y a ni émission de gaz ou de fumées, ni manifestations lumineuses accusées. Il ne peut donc entraîner aucun désordre organique chez l'ouvrier, en dehors de troubles imprécis, dus à des manifestations électriques encore mal définies, et nous ne le citons que pour mémoire.

Nous n'insisterons pas non plus sur deux autres procédés, l'un dit à l'hydrogène atomique, qui utilise l'énergie calorifique produite par dédoublement de la molécule d'hydrogène, l'autre dit aluminothermique, qui utilise la chaleur de combustion de l'aluminium, et qui sont d'un usage restreint.

SOUDURE AUTOGENE OXY-ACETYLENIQUE

L'instrument principal de ce procédé de soudure est le chalumeau. C'est un appareil, connu de tous, au moyen duquel est obtenue la combustion d'un mélange d'acétylène et d'oxygène. Il est donc relié, par des canalisations flexibles, d'une part à un générateur d'acétylène ou à une bouteille d'acétylène dissous, d'autre part, à une bouteille d'oxygène liquide. La flamme du chalumeau oxy-acétylénique atteint une température de 3.100° . Elle est dirigée sur les bords en contact des pièces à souder et assure la fusion du métal. Le métal d'apport est constitué par un fil, le plus souvent à section cylindrique, de diamètre variable. Cette baguette de métal d'apport est toujours utilisée nue. Toutefois, très souvent, dans le cas de soudure de pièces en aluminium, par exemple, on lui adjoint, ex-temporaneamente, des produits non métalliques pulvérisés, pâteux ou liquides dont la mission est de faciliter l'opération de fusion et qu'on désigne sous le nom de flux. Ces flux sont de composition variable; on y rencontre, le plus sou-

vent, le borax, l'acide borique, des silicates, des fluorures, des chlorures et des carbonates alcalins, la cryolithe.

La soudure oxy-acétylénique possède un domaine très étendu ; elle peut s'appliquer à la plupart des métaux et alliages existants.

Le maniement du chalumeau et de la baguette de métal d'apport varie suivant la nature et la position des pièces à souder. D'une façon générale, l'ouvrier, les yeux protégés par des lunettes de verre spécial, tient son chalumeau d'une main, et en dirige la flamme sur le point à souder. De l'autre main, il tient la baguette de métal d'apport dont il présente également l'extrémité à la flamme. La fusion s'opère, goutte à goutte, le métal tombe du fil d'apport sur le point à souder et l'opération se poursuit ainsi, de proche en proche, tout le long du joint.

SOUDURE AUTOGENE A L'ARC ELECTRIQUE

Dans ce procédé, la fusion du métal est obtenue par la chaleur dégagée par un arc électrique éclatant entre les bords des pièces à souder et une baguette de métal d'apport, communément appelée électrode. Cet arc est alimenté par du courant continu ou par du courant alternatif. La tension est généralement de 25 volts et l'intensité, variable suivant le diamètre de l'électrode, peut aller de 20 à 300 ampères. La température de l'arc est de 3.200 à 3.700°.

L'électrode était, autrefois, utilisée nue. Actuellement, elle est, le plus souvent, enrobée. Cet enrobage a pour but d'agir sur la stabilisation de l'arc, de protéger le métal fondu contre l'oxydation et, dans certains cas, de modifier, en l'améliorant, la composition chimique du métal d'apport. Sa composition est très variable et généralement complexe. Les constituants les plus souvent rencontrés sont : des silicates alcalins, des sels alcalino-terreux, principalement de calcium (carbonates, fluorures), des oxydes métalliques (de fer, de manganèse, de titane), des ferro-alliages (ferro-manganèse, ferro-silicium, ferro-chrome, ferro-titane, ferro-vanadium, etc.), des minéraux comme l'amiante, des produits organiques (dextrines, sucres, glucosides, produits cellulosiques).

La soudure à l'arc s'adresse presque uniquement aux métaux ferreux, en particulier aux aciers.

Le poste de soudure est constitué, selon que l'arc est alimenté par un courant continu ou par un courant alternatif, par un groupe convertisseur ou par un transformateur statique.

Comme pour la soudure autogène au chalumeau, la méthode de soudure, les caractéristiques de l'arc, le diamètre de l'électrode varient avec la nature, les dimensions et la position des pièces à souder. Le poste est relié par des câbles conducteurs, d'une part à l'électrode, d'autre part à la pièce. L'ouvrier, les mains protégées par des moufles, tient d'une main l'électrode à l'aide d'une pince porte-électrode, de l'autre un écran spécial qu'il se maintient devant le

visage. L'électrode étant tenue de façon que son extrémité soit à quelques millimètres, au plus, de la pièce, l'arc jaillit, la fusion s'opère et le métal d'apport coule dans le joint. Quand l'apport est jugé suffisant, l'ouvrier déplace l'électrode et continue de proche en proche.

Il existe actuellement des appareils, dits de soudure automatique, à l'aide desquels l'apport de métal est réglé sans intervention manuelle de l'ouvrier. Il est certain que ces appareils constituent un progrès à tous points de vue et nous aurons l'occasion d'en reparler dans la prévention des accidents dont l'ouvrier soudeur risque d'être victime.

CHAPITRE II

Phénomènes physico-chimiques susceptibles de créer des désordres organiques chez l'ouvrier

Ces phénomènes peuvent se diviser en deux grandes catégories :

- Des phénomènes chimiques, facteurs de pollution de l'atmosphère;
- Des phénomènes physiques, dûs à la flamme du chalumeau et à l'arc électrique.

POLLUTION DE L'ATMOSPHERE

Au cours des opérations de soudure, il se produit des gaz de combustion et des fumées qui tendent à polluer l'atmosphère de l'atelier. Ces gaz et ces fumées peuvent être produits par :

- Les sources de chaleur : flamme du chalumeau et arc électrique.

— La fusion et la volatilisation des métaux en présence.

— La fusion et la volatilisation des flux et enrobages.

— La combustion des produits qui peuvent recouvrir les pièces à souder.

I. - Gaz dégagés par les sources de chaleur

1. *Flamme oxy-acétylénique :*

La combustion de l'acétylène aboutit à la formation de gaz carbonique et de vapeur d'eau. Elle se fait en deux temps. Dans une première réaction, il y a formation d'oxyde de carbone et d'hydrogène qui, au contact de l'air, donnent du gaz carbonique et de la vapeur d'eau. Y a-t-il possibilité que la combustion soit incomplète et aboutisse à une formation en quantité appréciable d'oxyde de carbone ? Pratiquement pas. Le fait ne s'observe que dans des cas très particuliers, par exemple dans la soudure de tuyaux de petit diamètre; mais les gaz non brûlés, encore très chauds, s'enflamment dans le tube, à quelque distance, quand la quantité d'air est devenue suffisante.

Peut-il se produire une accumulation de gaz carbonique ? Cette éventualité doit être envisagée si la soudure est effectuée dans un espace confiné; mais, des analyses effectuées sur de l'air prélevé dans des

ateliers de soudure, non spécialement aérés, ont montré que la teneur en oxyde de carbone était négligeable et que celle en gaz carbonique ne dépassait pas la teneur de ce gaz dans l'atmosphère d'ateliers de mécanique ou de forge.

L'acétylène employé peut n'être pas pur. Il peut contenir de l'hydrogène phosphoré, de l'hydrogène sulfuré, de l'ammoniaque, des traces d'arséniures. Seul l'hydrogène phosphoré est capable de polluer l'atmosphère en formant, par oxydation, de l'acide phosphorique. Ce dernier formé, à la longue, des nuages bleuâtres, dans l'atelier. Cet inconvénient est réduit par les procédés modernes de purification du carbure de calcium et par l'adjonction au générateur d'acétylène d'un épurateur qui retient l'hydrogène phosphoré.

De son côté, l'oxygène employé peut contenir de l'azote, puisqu'il est obtenu par distillation de l'air liquide. A la température de la flamme du chalumeau, cet azote peut se combiner à l'oxygène pour donner du bioxyde d'azote qui, s'oxydant à son tour, donne des vapeurs nitreuses, formées surtout de peroxyde d'azote. En fait, cette présence d'azote paraît négligeable, grâce aux progrès de la technique de fabrication de l'oxygène.

Il est cependant important de noter que des vapeurs nitreuses peuvent se former, moins sans doute à partir de l'azote contenu dans l'oxygène, qu'à partir de l'azote atmosphérique, ou de l'ammoniaque que peut contenir l'acétylène. Il semble, cependant, que la

formation de ces vapeurs soit limitée par deux ordres de phénomènes :

— La réaction azote-oxygène ne se produit qu'à très haute température. Comme elle est endothermique, la température de la flamme du chalumeau diminue quand la teneur en vapeurs nitreuses augmente, et il se produit un équilibre.

— Il est vraisemblable que le métal en fusion joue un rôle catalytique destructif, vis-à-vis du bioxyde d'azote, dont la vitesse de décomposition est alors plus rapide que la vitesse de formation.

Quoi qu'il en soit, la formation de vapeurs nitreuses, et surtout leur persistance dans l'atmosphère de l'atelier de soudure, sont des phénomènes exceptionnels et ne se produisent guère que dans les moments où la flamme du chalumeau est inoccupée.

2. Arc électrique :

L'arc, par lui-même, ne peut donner lieu qu'à la formation de deux gaz : l'ozone et le bioxyde d'azote.

L'emploi de la flamme du chalumeau produit de l'ozone, mais, dans l'arc, l'effet thermique est activé par des phénomènes électriques et la production est plus importante.

La formation de bioxyde d'azote est controversée. Les auteurs américains TITUS, VARREN et DRINKER ont montré qu'il s'en dégagait, mais leurs expériences ont été pratiquées avec des électrodes nues. Des études, faites à l'Office central de soudure auto-

gène, ont montré qu'avec les électrodes enrobées, ce risque était quasi annulé. Il semble que cet enrobage crée, autour de l'arc, une gaine gazeuse permettant d'en éloigner l'azote et l'oxygène de l'air. De toute façon, si l'arc électrique paraît favoriser, plus que la flamme du chalumeau, la formation de vapeurs nitreuses, ces vapeurs ne se produisent qu'exceptionnellement en proportion notable, dans les procédés actuels de soudure à l'arc, avec électrodes enrobées de produits semi-volatils.

II. - Gaz et fumées produits par la fusion des métaux

Les très hautes températures utilisées en soudure autogène peuvent produire une volatilisation du métal. Ce gaz, au contact de l'air, donne une fumée d'oxydes métalliques très divisés.

Dans la soudure oxy-acétylénique, la flamme, après avoir fondu le métal, s'éloigne aussitôt de la partie liquide. La température du métal ne dépasse donc guère son point de fusion et les dangers de volatilisation sont réduits.

Cependant, il peut arriver qu'on ait à souder un alliage de métaux à points d'ébullition très différents. C'est le cas des alliages de zinc : laitons et maillechorts. Le zinc se vaporisant à 930° , alors que le cuivre et le nickel respectivement à 2.300° et 3.075° , l'apparition de vapeurs de zinc, donc de fumées d'oxyde de zinc est inévitable. Bien que les soudeurs

réussissent à limiter cette émission par une technique spéciale, cet inconvénient n'est pas négligeable.

Dans la soudure électrique, le métal se trouve à une température voisine de l'arc et de plus, le métal d'apport tombe en gouttes liquides à travers l'arc lui-même. La volatilisation peut donc être importante.

Ce procédé de soudure s'appliquant surtout aux métaux ferreux, on observera pratiquement des fumées d'oxyde de fer, généralement d'oxyde ferrique. De plus, dans la soudure des aciers, apparaîtront des fumées d'oxydes des métaux constituant l'alliage, en particulier d'oxyde de manganèse et de chrome.

III. - Gaz et fumées produits par la fusion des flux et enrobages

Nous avons vu ce qu'étaient les flux en soudure oxy-acétylénique, et leur composition. La volatilisation de leurs constituants n'est pas à craindre. Leurs réactions avec le métal ou l'alliage ne donnent pas de produits toxiques.

Certains flux cependant, autrefois employés, ont été à l'origine d'accidents, tels le mélange de fluorure alcalin et d'anhydride borique, qui donne naissance à des vapeurs de fluorure de bore, et les flux dans la composition desquels entrait du chlorure de sodium, qui donnent des émanations de chlore.

Actuellement, les industriels n'emploient que des flux très étudiés, mais l'usage de mélanges improvisés est toujours à craindre.

La composition, généralement compliquée, des enrobages d'électrodes destinées à la soudure électrique, donne lieu à des réactions très complexes, à la température de l'arc. Il se dégage, en cours de soudure, du gaz carbonique et de l'oxyde de carbone, qui ne semble pas à craindre, car il est, en général, immédiatement brûlé; des chromates et des fluorures. Les fumées de ces fluorures contiennent généralement de l'acide fluorhydrique, produit par décomposition du fluorure de calcium, à la température de l'arc, en présence de traces d'humidité contenue dans l'enrobage. Cette apparition de chromates et d'acide fluorhydrique est importante dans la pathologie du soudeur.

Dans les enrobages riches en produits alcalino-terreux, les fumées produites contiennent une proportion importante de poussière de chaux.

Jusqu'ici les essais et enquêtes, faits au sujet des enrobages, ne paraissent pas suffisants pour qu'on puisse avoir une idée précise de la question. Une difficulté de leur étude réside dans le fait que, très souvent, leur composition est un secret de fabrication.

IV. - Gaz et fumées

produits par les enduits recouvrant les métaux à souder

Il arrive fréquemment que la soudure s'applique à des pièces métalliques recouvertes d'un enduit; c'est le cas des tôles galvanisées, des tôles miniumées,

des pièces à réparer qui sont recouvertes de peinture, de vernis, de graisse, de goudron, etc.

Tôles galvanisées :

Le même phénomène se produit que dans les alliages de zinc dont nous avons déjà parlé. Il se forme inévitablement des fumées d'oxyde de zinc. Elles sont toujours mélangées à des fumées d'oxyde de plomb. Ceci tient à la présence constante de plomb dans le zinc de galvanisation, dans une proportion qui peut aller jusqu'à 1,5 %. La constatation des dangers courus par les soudeurs a conduit à abandonner la soudure autogène des tôles galvanisées. On la remplace par la soudure-brasure qui réduit pratiquement à néant la volatilisation du zinc.

Tôles miniumées :

Le minium est un oxyde salin de plomb. Il perd sa stabilité à haute température et se décompose à 575° à l'air en oxyde plumbeux et en oxygène. Le plomb, lui-même, entre en ébullition entre 1.550° et 1.700°. Par conséquent, toute opération de soudure autogène, au chalumeau ou à l'arc, entraînera la formation dans l'atmosphère d'oxyde de plomb en suspension.

Cette formation de vapeurs de plomb crée, évidemment, un risque de saturnisme pour l'ouvrier.

Autres enduits :

La peinture, le vernis, l'huile, la graisse, brûlent en donnant des gaz et des fumées. Seule la formation d'oxyde de carbone peut constituer un risque pour le soudeur. Mais, sa production ne s'effectue jamais qu'en petite quantité.

PHENOMENES PHYSIQUES
DUS A LA LUMIERE DES SOURCES DE CHALEUR

L'arc électrique, la flamme du chalumeau, les parties métalliques en fusion produisent une lumière intense. Il est impossible de regarder souder à l'œil nu, sans ressentir immédiatement le phénomène de l'éblouissement. Mais l'intensité lumineuse exceptionnelle de la flamme ou de l'arc n'est pas le phénomène le plus important. L'émission de radiations ultra-violettes et infra-rouges peut avoir sur les yeux des soudeurs des conséquences bien plus sérieuses. Cette émission doit attirer l'attention de l'hygiéniste, autant que les émanations de gaz, car elle est la cause des lésions les plus fréquemment rencontrées : les lésions oculaires.

La flamme du chalumeau émet des radiations lumineuses en quantités égales, pour toutes les couleurs du spectre, des ultra-violets et surtout des infra-rouges. L'arc électrique, par contre, n'émet pas les rayons lumineux en quantités égales; alors que les rayons verts sont très nombreux, les rayons violets

sont en faible quantité. Il n'émet que très peu d'infra-rouges, en quantité négligeable quant à leur nocivité possible pour le soudeur, mais beaucoup d'ultra-violets.

Les rayons lumineux, les ultra-violets et les infra-rouges produisent des lésions oculaires, non seulement chez le soudeur qui regarde directement la source des radiations, mais aussi, et à peine plus atténuées, chez toute personne séjournant dans l'atelier de soudure. Il y a donc lieu de mentionner l'importance des rayons réfléchis. Ce phénomène est bien connu des ingénieurs et des contremaîtres qui, sans souder, séjournent dans l'atelier, surtout s'ils sont amenés à surveiller des appareils de mesure à cadrans blancs, ces cadrans paraissant être capables, plus que les murs et les cloisons, d'émettre des rayons réfléchis.

L'existence de ces rayons a conduit, nous le verrons, à adopter des mesures de protection oculaire dépassant la protection individuelle du soudeur et tendant à garantir tout le personnel d'un atelier de soudure.

CHAPITRE III

Pathologie de l'ouvrier soudeur

Les opérations de soudure autogène, qu'elles soient pratiquées au moyen du chalumeau oxy-acétylénique ou au moyen de l'arc électrique, s'accompagnent, nous venons de le voir, de phénomènes physico-chimiques capables d'entraîner des désordres organiques chez l'ouvrier.

Certains auteurs ont décrit une « maladie des soudeurs ». Pozzi a isolé un syndrome qu'il a rencontré fréquemment chez les arco-soudeurs. Il est caractérisé par de la céphalée rebelle, de l'anorexie, des pituites matutinales, des troubles neuro-psychiques, de l'anémie. Par ailleurs, WANIEK décrit, comme maladie des soudeurs, un syndrome caractérisé par des troubles du métabolisme des hydrocarbures, avec une disthyroïdie. Nous avons dépouillé un nombre important d'observations et nous croyons que ces manifestations pathologiques ne sont vraiment pas assez nombreuses, aussi bien le syndrome décrit par Pozzi que le syndrome décrit par WANIEK, pour qu'on

puisse les considérer comme spécifiques de la soudure autogène.

Les lésions habituellement rencontrées n'offrent, actuellement, qu'un caractère bénin. Il n'y eut d'accidents sérieux que tout au début de l'usage industriel de la soudure autogène. Leur apparition a amené immédiatement la recherche de leurs causes; des moyens de protection ont alors été institués et ils se sont révélés efficaces dans la plupart des cas. On peut dire, qu'aujourd'hui, les lésions chroniques dues à la soudure autogène sont rares et que les lésions aiguës graves sont l'exception.

La pollution de l'air par les gaz et les fumées dégagées ne peut être importante que si la soudure se pratique dans un espace mal aéré. Cette éventualité ne se rencontre guère dans les travaux de construction, réserve faite des constructions navales (travail dans les soutes, dans les ballasts, dans les compartiments étanches, etc...), mais est, au contraire, la règle dans bien des travaux de réparations (chaudières, réservoirs, canalisations, etc...).

Les affections rencontrées chez les ouvriers sont le fait de l'inhalation et de l'ingestion des gaz et des fumées d'oxydes métalliques et le fait des radiations émises par les sources de chaleur. Ce sont :

- des intoxications générales;
- des maladies des voies respiratoires;
- des troubles digestifs;
- des affections oculaires;
- des affections cutanées;

— des troubles provenant d'altérations glandulaires.

INTOXICATIONS GENERALES

Saturnisme

Le saturnisme chez les soudeurs est un fait. Les statistiques des cas déclarés, en application de la loi sur les maladies professionnelles, enregistrent chaque année un certain nombre d'intoxications. Mais, si on étudie attentivement ces statistiques, on s'aperçoit que le nombre de ces cas dûs réellement à la soudure autogène est vraiment limité. En prenant, par exemple, la statistique de 1938, nous voyons que 937 cas ont été déclarés dont 72 attribués à des opérations de soudure. Or, sur ces 72 cas, 25 sont dûs à des opérations de soudure au plomb et au polissage de ces soudures, et 27 cas à des opérations d'oxy-coupage. Il reste donc 30 cas, soit 3,2 %, qu'on puisse imputer à la soudure autogène elle-même. Si, par ailleurs, on compare ces 30 cas au nombre des ouvriers pratiquant la soudure autogène, on conviendra qu'il est difficile de dire que la soudure autogène est un important facteur de saturnisme.

Bien des ouvriers accusent des symptômes digestifs : douleurs abdominales avec constipation et des symptômes d'anémie légère qu'on peut rattacher à l'intoxication au plomb. Ces faits se produisent à

l'occasion de soudures de tôles miniumées et quelquefois de tôles galvanisées. Rarement les phénomènes d'intoxication vont plus loin. On ne rencontre qu'exceptionnellement des myalgies-arthralgies, des paralysies, des néphrites.

Il reste que le risque saturnin doit tout de même être considéré dans la recherche des moyens de protection des ouvriers.

Fièvre des vapeurs métalliques

Ce syndrome a été isolé depuis longtemps. Il a été décrit sous le nom de fièvre des fondeurs, fièvre de zinc, frissons du cuivre. En soudure autogène, seule, l'émanation de fumées d'oxyde de zinc, qui se produit lors de la soudure des tôles galvanisées, des laitons et des maillechorts, doit être pratiquement considérée.

L'ouvrier ressent d'abord une sécheresse de la gorge, puis une sensation de lassitude et d'oppression. Des nausées apparaissent, suivies ou non de vomissements. La fièvre peut monter à 39° et s'accompagne de leucocytose. En quelques heures, les symptômes s'amendent et, le plus souvent, le soudeur peut reprendre son travail le lendemain.

D'après LEHMANN, ces phénomènes seraient dus à une réaction vis-à-vis des substances toxiques, résultant de la destruction des cellules de l'épithélium pulmonaire par les vapeurs métalliques.

Cette fièvre du zinc n'a donc, en général, qu'un caractère bénin. De plus, on ne la rencontre pratiquement plus chez les soudeurs depuis qu'on a remplacé la soudure des tôles galvanisées par la soudobrasure qui ne volatilise pas le métal, et depuis qu'on pratique la soudure des alliages de zinc avec une technique un peu spéciale, limitant la vaporisation et que nous examinerons dans l'étude des moyens préventifs.

Autres intoxications

Les fluorures produits par la volatilisation des enrobages de certaines électrodes ont provoqué des accidents, mais rarement des intoxications générales. Nous devons signaler cependant qu'aux Chantiers de Saint-Nazaire des ouvriers ont ressenti des douleurs abdominales avec vomissements, de la céphalée et de l'asthénie après des travaux de soudure en espace clos, à l'aide d'électrodes dont l'enrobage contenait 40 % de spathfluor.

Les vapeurs nitreuses ne peuvent que très rarement, nous l'avons vu, se dégager en quantités notables, lors des opérations normales de soudure. Leur mauvaise odeur, la rapide sensation de suffocation qu'elles provoquent, les décèlent rapidement. Leur inhalation produit surtout des lésions des voies respiratoires et nous n'avons retrouvé qu'un cas, mortel d'ailleurs, d'intoxication générale, publié par le Home Office de Londres.

La présence d'impuretés dans l'acétylène qui alimente le chalumeau, a amené, mais dans les débuts de la soudure oxy-acétylénique, des intoxications au phosphore, avec des signes d'hépatonéphrite. Des accidents dûs aux arséniures d'hydrogène : ictères, troubles digestifs et urinaires, hémorragies, ont été également signalés, mais exceptionnellement. La pureté du carbure employé aujourd'hui et l'emploi d'épurateurs spéciaux de l'acétylène rendent, à l'heure actuelle, ces accidents bien improbables.

Des intoxications dues aux métaux entrant dans la composition des aciers spéciaux et à ceux contenus, à titre d'impuretés, dans les métaux et alliages usuels ont été signalées, mais à titre de rareté. Citons l'intoxication au manganèse, qui se traduit par un syndrome pseudo-parkinsonien et au cadmium qui se traduit par de la gastro-entérite, de l'amaigrissement et l'envahissement du cœur et des reins par la graisse. L'existence de cette dernière paraît d'ailleurs sujette à caution, au cours de travaux de soudure autogène.

Il nous paraît utile de parler, bien que cet accident ne ressorte pas directement de la technique de la soudure, d'une intoxication possible par l'acétylène, à la suite d'une fuite de ce gaz, due à une défectuosité de l'appareil générateur ou des canalisations. Avec une concentration en acétylène de 20 % dans l'atmosphère, on assiste à des phénomènes d'intoxication marquée : signes psychiques (rires, bavardages désordonnés) et incoordination motrice. A 33 % la

narcose apparaît après 7 minutes d'inhalation. Cet accident n'est pas fréquent. Il suppose un local particulièrement confiné, en plus de l'incident mécanique initial, et un gaz particulièrement épuré pour que son odeur n'ait pas révélé sa présence à temps. MAWICK rapporte cependant un cas mortel où il semble qu'il y ait eu intoxication à la fois par l'acétylène et par l'oxyde de carbone.

Enfin, deux observations de CHAVIGNY, rapportées également par LEDOUX, montrent l'apparition de maladie de Hodgkin chez des soudeurs. Faut-il établir une relation de cause à effet entre les deux faits ? Ou ne s'agit-il que d'une coïncidence. Les auteurs pensent qu'en l'état actuel de la question, il est préférable de considérer ces faits comme, tout au plus, capables d'apporter un élément d'information dans la recherche des causes, encore inconnues, de la granulomatose maligne.

AFFECTIONS DES VOIES RESPIRATOIRES

Les fumées d'oxydes métalliques inhalées, si elles sont formées de particules solubles, sont absorbées par la muqueuse pulmonaire et produisent, le plus souvent, des phénomènes d'intoxication générale. Cependant, on peut isoler, parmi les accidents observés, des syndromes intéressant plus particulièrement, voire exclusivement, les voies respiratoires.

L'irritation des muqueuses du nez et de la gorge est un phénomène commun chez le soudeur et chez

les ouvriers qui l'entourent. Presque toutes les fumées d'oxydes métalliques peuvent en être tenues pour responsables. Cette irritation, bénigne, généralement, peut, avec certains produits, se trouver largement dépassée. Des observations faites dans les arsenaux de la Marine ont montré que les chromates alcalins solubles dégagés par l'enrobage de certaines électrodes peuvent, à la longue, produire de véritables ulcérations des voies respiratoires allant, dans un cas, jusqu'à la perforation de la cloison médiane du nez.

Les auteurs américains TITUS, WARREN et DRINKER ont montré, par des expériences faites sur des animaux, que les inhalations de fluorures et d'acide fluorhydrique peuvent produire de l'œdème pulmonaire. Ils ont obtenu un résultat analogue avec des fumées riches en oxyde ferrique provenant d'une opération de soudure électrique. Mais ils concluent que ce phénomène n'était pas provoqué par l'oxyde ferrique lui-même, mais par les gaz qui l'accompagnaient : peroxyde d'azote et ozone. Ils précisent par ailleurs qu'une concentration en ozone de 1 mm^3 par mètre cube et en bioxyde d'azote de $1/2 \text{ mm}^3$ par mètre cube amène une broncho-pneumonie mortelle chez le lapin en 20 minutes. Ces résultats expérimentaux se sont vérifiés chez des soudeurs. Citons, entre autres, l'observation de ADLER HERZMACK où un œdème aigu mortel a été provoqué par l'inhalation de vapeurs nitreuses, et des observations de broncho-pneumonie où le manganèse est tenu pour responsable.

Une pneumonie mortelle survenue à la suite de soudure autogène sur des tôles galvanisées, est signalée par WILLIMAN, mais l'auteur n'apporte aucune conclusion quant à l'agent toxique à incriminer. Pozzi rapporte des observations de broncho-pneumonies, mais ne précise pas non plus quels oxydes métalliques ou quels gaz doivent être mis en cause. Sans doute les vapeurs nitreuses et les fluorures y sont-ils pour beaucoup.

Les lésions pulmonaires chroniques sont bien plus fréquentes que les lésions aiguës. Les poussières insolubles se fixent sur l'épithélium pulmonaire ; l'oxyde de fer, en particulier, réalise des dépôts absolument analogues aux dépôts silicotiques. Les signes banaux d'irritation, au début, font place plus tard à de l'oppression, de la dyspnée, de la toux avec expectoration et l'évolution se fait vers la sclérose pulmonaire. C'est un cas particulier de pneumoconiose.

TROUBLES DIGESTIFS

En dehors des symptômes digestifs du saturnisme ou d'une intoxication générale, l'ingestion de poussières d'oxydes métalliques peut-elle provoquer des lésions de l'appareil digestif ? Les observations faites à ce sujet sont très imprécises.

Il est fréquent que les ouvriers se plaignent de nausées, de diarrhée, de mauvaises digestions et attribuent ces malaises à leur travail de soudure.

Comme, le plus souvent, leurs plaintes s'accompagnent de demandes de primes de lait, il convient de considérer leurs doléances avec prudence. Une expertise, entre autres, a été pratiquée, en 1937, à l'occasion des plaintes de 7 arco-soudeurs des Chantiers de la Loire qui alléguaient des vomissements et de la diarrhée. L'expert n'a relevé aucun symptôme objectif et a conclu qu'il n'était pas possible d'incriminer l'ingestion de poussières d'oxydes métalliques dans ces troubles.

Pourtant, il a été constaté d'une façon certaine, dans les arsenaux, en particulier, que des arco-soudeurs ont présenté des vomissements et de la diarrhée sans autres symptômes d'intoxication. Ces ouvriers avaient travaillé avec des électrodes dont l'enrobage dégageait des fumées contenant une proportion considérable de chromates alcalins.

De toute façon, jamais ces troubles purement digestifs n'ont présenté un caractère grave. On peut penser que jouent, pour beaucoup, dans leur apparition, une gêne banale due à la concentration des fumées et à la mauvaise odeur qu'elles peuvent présenter.

LESIONS OCULAIRES

Les lésions oculaires des soudeurs sont certainement les plus fréquemment rencontrées, tout au moins dans leurs formes bénignes. Dans l'équipement de l'ouvrier, les lunettes et les écrans sont les

premiers moyens de protection apparus, car, se garantir de l'éblouissement provoqué par l'intense lumière des sources de chaleur est instinctif.

Les conjonctivites banales dues aux fumées et aux gaz irritants : vapeurs nitreuses, fluorures, ammoniacque, etc..., sont possibles, mais toujours bénignes et fugaces. Plus sérieuses sont les lésions créées par les radiations de la flamme du chalumeau ou de l'arc électrique.

Rappelons que les radiations lumineuses du spectre ont des longueurs d'onde variant de 4.000 Angströms à 8.000 Angströms (un Angström = un dix-millième de micron). Les rayons ultra-violets ont des longueurs d'onde inférieures à 4.000 Å° et les infra-rouges supérieures à 8.000 Å°.

Les radiations lumineuses provoquent l'éblouissement. C'est ce que les soudeurs appellent le « coup d'arc ». Il traduit la décoloration du pourpre rétinien. Sa durée est courte. Accessoirement peut survenir une diminution passagère de l'acuité visuelle. Ce phénomène ne présente aucune gravité.

Les ultra-violets, émis en grande quantité par l'arc, produisent une conjonctivite, dite « conjonctivite électrique ». Les symptômes apparaissent au bout de quelques heures : sensation de cuisson et de démangeaison sous les paupières, impression de sable dans l'œil. Les paupières sont chaudes et un peu œdématisées. La conjonctive est rouge, gonflée, brillante et légèrement suintante. Ce sont, en somme, les signes d'une conjonctivite par corps étranger. Ces symp-

tômes s'exagèrent pendant la nuit qui suit l'accident et s'amendent en deux ou trois jours. Du blépharospasme et du larmolement peuvent persister plus longtemps.

Cet accident est fréquent. Il n'est pas d'arco-soudeur qui n'en ait été victime. Il n'a généralement pas de suite.

Il existe, par ailleurs, des lésions, qu'on peut appeler chroniques, et qui prennent la forme de sclérite diffuse. Leur apparition est plus fréquente chez les ouvriers qui présentent un vice de réfraction ou une taie oculaire préexistante. Cette sclérite se manifeste par une vision indistincte, une sensation de fatigue des yeux, une sensation de pesanteur et de tension frontale, parfois par une céphalée intense et des vertiges. Le repos ramène tout dans l'ordre mais les symptômes réapparaissent à la reprise du travail. Certains auteurs ont signalé qu'un décollement de la rétine, des scotomes annulaires pour le rouge et le vert, de la blépharite chronique, peuvent apparaître secondairement.

Les infra-rouges doivent être divisés en deux groupes quant à leur action sur l'œil. Un premier groupe comprend les rayons dont la longueur d'onde dépasse 13.000 Å°. Ils sont responsables de conjonctivites banales analogues à celles produites par les ultra-violets.

Plus dangereux sont les rayons infra-rouges du deuxième groupe, ceux dont les longueurs d'onde vont de 8.000 Å° à 13.000 Å°. Ils sont très pénétrants

et provoquent des lésions à évolution chronique des membranes de l'œil et du cristallin. Au début apparaît de la photophobie, puis progressivement une paralysie de l'iris, une opacification progressive du cristallin et enfin la cataracte.

Si les rayons directs provoquent les lésions que nous venons de mentionner, les rayons réfléchis sont tout aussi nocifs. Actuellement, ils sont même responsables de plus de conjonctivites que les rayons directs. En effet, les rayons lumineux étant peu réfléchis, les voisins du soudeur ne sont pas éblouis et ne se protègent pas instinctivement comme lui. Les troubles provoqués par ces rayons réfléchis sont à peine moins intenses et tout aussi pénibles.

LESIONS CUTANÉES

Les radiations des sources de chaleur, surtout de l'arc électrique, en raison sans doute de sa richesse en ultra-violets, provoquent sur les parties découvertes du corps du soudeur des érythèmes, absolument analogues à ceux des coups de soleil, généralement suivis de desquamation. Cette lésion bénigne peut devenir une véritable brûlure si l'exposition aux radiations a été longue ou a été répétée, à des intervalles rapprochés. Dans quelques cas, l'érythème banal a été le point de départ de lésions d'eczéma.

La protection des vêtements est suffisante pour que les lésions se localisent habituellement au visage et

aux mains. Il a cependant été signalé des cas où des lésions ont été relevées sur les régions couvertes. Nous avons trouvé, en particulier, des observations d'érythème au niveau de l'abdomen, des régions inguinales et de la partie supérieure des cuisses. Il avait le même caractère banal que celui rencontré au niveau du visage et des mains. L'enquête technique a montré que la position des pièces à souder obligeait l'ouvrier à faire éclater l'arc anormalement près de la région lésée.

LESIONS GLANDULAIRES

Nous avons déjà signalé la dysthyroïdie observée par WANIEK. Nous n'avons pas retrouvé d'autres cas que ceux rapportés par cet auteur.

Il est couramment admis, dans les milieux ouvriers, qu'un arco-soudeur peut voir ses capacités génitales diminuer. Que faut-il penser de cette croyance sûrement exagérée par une psychose bien compréhensible ? Il est indéniable que des accidents de ce genre se sont produits. C'est l'avis de POZZI. Quelle en est la cause ? Elle n'est pas encore précisée. On a parlé d'intoxication par les fumées métalliques. On a incriminé les radiations, les rayons Roentgen. On a supposé que le corps du soudeur pouvait être traversé par des courants d'induction ou secondaires. Le problème est loin d'être résolu. D'ailleurs, pourquoi certains soudeurs seraient-ils atteints, alors que des

milliers d'autres soudent depuis dix ou vingt ans sans avoir à se plaindre ? On a essayé de répondre à cette question en disant que l'appareillage, le montage du poste, les pièces à souder elles-mêmes peuvent enfermer l'ouvrier dans une véritable cage de Faraday et que, dans la grande majorité des cas, il se trouve ainsi protégé. En fait, on ne sait vraiment rien de précis.

Quoi qu'il en soit, les cas constatés sont rarissimes et la recherche des moyens de protection de l'arcosoudeur contre d'éventuelles lésions testiculaires ne s'impose pas avec urgence.



Nous devons signaler, au nombre des lésions constatées chez l'ouvrier dans la soudure autogène, les électrocutions et les brûlures.

Les premières ne se rencontrent évidemment que dans la soudure à l'arc et sont le fait de la maladresse, de l'inattention du soudeur, ou d'usure des isolants des câbles conducteurs.

Les secondes, qui sont le fait de tous les modes de soudure, sauf bien entendu la soudure par résistance, sont provoquées par les parcelles de métal en fusion qui sont projetées au cours de l'opération.

Les accidents de ce genre sont rarement graves ou même sérieux.

CHAPITRE IV

Protection de l'ouvrier dans la soudure autogène

Les accidents susceptibles de se produire, au cours des opérations de soudure autogène, et que nous venons de passer en revue, peuvent être classés, quant aux mesures préventives à prendre en deux catégories :

— Les accidents auxquels sont exposés les ouvriers dans tous les travaux de soudure autogène, parce que provenant de la technique même de l'opération. Ce sont ceux dûs aux radiations des sources de chaleur, ainsi que les brûlures et l'électrocution.

— Les accidents auxquels les ouvriers ne sont soumis qu'occasionnellement, au cours de certains travaux seulement et dans certaines conditions. Ce sont les troubles dûs aux gaz et fumées toxiques dégagés dans un espace insuffisamment aéré.

Les premiers obligent à prévoir un équipement individuel du soudeur, équipement qu'il doit porter à chaque fois qu'il soude.

Les seconds amènent à préciser les conditions d'emploi auxquelles doivent être soumis les procédés de soudure autogène.

EQUIPEMENT INDIVIDUEL DU SOUDEUR

Les vêtements constituent une protection suffisante contre les radiations. L'équipement du soudeur doit donc protéger les parties découvertes, et en particulier, les yeux. Il doit, par conséquent, comporter des lunettes, des écrans et des gants.

Lunettes et écrans

Le verre constituant ces lunettes et écrans doit répondre aux conditions suivantes :

— Diminuer l'intensité de la lumière visible tout en laissant une visibilité suffisante.

— Arrêter les ultra-violets et les infra-rouges.

C'est bien plus par sa composition que par sa couleur qu'il donnera ces résultats. En pratique, l'expérience a conduit à utiliser des verres de couleur vert foncé. Entre autres éléments, il entre du fer dans leur composition, ce métal arrêtant les radiations infra-rouges. Les nombreux verres mis actuellement à la disposition des soudeurs par les industriels : Infra-rex, Athermal, Electrogo, Gamma, Vogt, etc..., donnent toute satisfaction.

Pour la soudure oxy-acétylénique, il est suffisant de ne protéger que les yeux, la flamme du chalumeau n'émettant que peu d'ultra-violets. Les verres sont donc fixés sur une monture de lunette ordinaire.

En soudure électrique, l'abondance des rayons ultra-violets émis par l'arc oblige à protéger, non seulement les yeux, mais tout le visage. Cette protection est réalisée par un écran formé d'un verre rectangulaire enchassé dans un bâti de bois ou de métal. Ce bâti comporte des panneaux latéraux, supérieur et inférieur, et est muni d'une poignée. Le travail de soudeur à l'arc ne nécessitant que le service d'une main, l'ouvrier tient l'appareil par sa poignée et peut se protéger tout le visage.

Ce dispositif est le plus employé. Il en existe d'autres, destinés à laisser au soudeur l'usage de ses deux mains et constitués par un casque auquel est fixé le verre. L'ouvrier peut, à volonté, le lever ou l'abaisser. Signalons un dispositif ingénieux monté sur un appareil analogue au précédent et dans lequel un électro-aimant agissant automatiquement quand l'arc est amorcé abaisse le verre protecteur par l'intermédiaire d'un levier.

La présence des rayons réfléchis oblige, en soudure électrique, à protéger non seulement le soudeur, mais l'entourage. Autant que possible, on placera le poste de soudure dans une cabine dont les cloisons sont enduites d'une peinture absorbante, généralement noir mat. Si ce dispositif ne peut être réalisé, il faudra doter le personnel de verres spéciaux qui

devront être clairs, pour permettre des occupations normales. Les verres employés généralement sont les verres dits : fieuzal.

Gants

Les gants protègent à la fois contre les brûlures, les électrocutions toujours possibles, et les radiations. Les mêmes gants conviennent pour l'un et l'autre des deux principaux procédés de soudure autogène. Il leur est seulement demandé d'être solides et relativement isolants. Les gants à grand crispin, en cuir souple, doublés intérieurement de toile et pourvus d'un dispositif de serrage au poignet, réalisent parfaitement ces conditions.

CONDITIONS D'EMPLOI DE LA SOUDURE AUTOGENE

Les intoxications au cours des travaux de soudure autogène ne peuvent se produire qu'à deux conditions. Il faut :

— qu'il y ait dégagement de gaz ou fumées toxiques;

— que ce dégagement ait lieu dans un espace confiné.

Ce sont ces deux éventualités qui doivent guider la recherche des conditions d'emploi de la soudure autogène pour qu'il en résulte le moindre risque pour

l'ouvrier. Il tombe sous le sens qu'on doit s'attacher en conséquence :

1° à proscrire les corps chimiques, susceptibles de produire des gaz ou fumées toxiques, ou tout au moins à limiter, dans la mesure du possible, leur emploi;

2° à soustraire l'ouvrier à l'action des fumées par la ventilation, l'emploi de masques et l'usage d'appareils de soudure automatique.

1° Il n'est pas possible d'éliminer complètement la production de vapeurs nocives. Que ce soit dans les métaux à souder eux-mêmes, dans les flux et les enrobages, il ne semble pas qu'on puisse techniquement supprimer tous les éléments capables de leur donner naissance. On peut cependant limiter l'émission des fumées par les moyens suivants :

a) Ne pas souder de tôles miniumées.

Dans les constructions neuves, il faut n'appliquer la peinture qu'après la soudure. Dans les travaux de réparation cette précaution est impossible. Mais on doit chercher à enlever de la ligne de soudure la plus grande quantité possible de minium, par piquage, grattage, brossage. Il existe, par ailleurs, des produits décapants, entièrement inoffensifs, qui donnent d'excellents résultats.

b) Ne pas souder de tôles galvanisées.

Il convient de remplacer la soudure de ces tôles par la soudo-brasure qui est un procédé d'une technique toute différente et qui, nous l'avons déjà dit, ne s'accompagne pas de dégagement d'oxyde de zinc.

Mais la soudure des alliages où il entre du zinc, laitons et maillechorts ne peut être évitée. On peut arriver, dans ce cas, à limiter la production de fumée toxique en employant une technique un peu spéciale. Le soudeur dérègle volontairement la flamme du chalumeau par un excès d'oxygène. Il crée ainsi, à la surface du métal en fusion, une pellicule d'oxyde de zinc, qu'il n'obtiendrait pas avec la flamme normale, puissamment réductrice. Cette pellicule gêne la volatilisation du métal « de la même façon que la peau du lait que l'on chauffe empêche la vapeur d'eau de s'échapper ». (LEROY.)

c) Ne jamais laisser inoccupée la flamme du chalumeau, surtout s'il est d'un gros débit. Nous avons montré que le risque de formation de vapeurs nitreuses augmente, en effet, dans ce cas, le rôle destructeur catalytique du métal en fusion, ne jouant plus.

d) N'employer dans les flux et enrobages que les quantités minima des corps pouvant produire des fumées toxiques. Telle électrode dont l'usage a provoqué des accidents quand son enrobage contenait 40 % de spath-fluor est devenue inoffensive quand ce pourcentage a été abaissé à 10 %. Tels flux qui dégageaient des fluorures et du chlore n'ont plus été utilisés.

Le cahier des charges de la Marine prévoit l'essai de toute nouvelle électrode. On l'utilise à l'intérieur d'un récipient dans lequel elle pénètre par un trou de la paroi, de façon qu'on puisse la tenir de l'extérieur.

Ce récipient est surmonté d'un inhalateur par lequel un ouvrier respire les fumées dégagées. Cet ouvrier doit pouvoir continuer l'expérience pendant trois minutes sans ressentir de gêne autre que celle due au manque d'air. Cette expérimentation nous semble un peu sommaire. Il serait préférable que tout nouvel enrobage ou tout flux de composition inédite soit soumis à l'étude de laboratoires qui analyseraient les fumées dégagées par leur emploi. L'avis des hygiénistes pourrait d'ailleurs être sollicité, à cette occasion.

e) N'employer que de l'acétylène purifié.

Il est admis, par les fabricants, que le pourcentage du phosphore de calcium dans le carbure doit être inférieur à un taux tel que la concentration de l'hydrogène phosphoré dans l'acétylène ne dépasse pas 0,05 %. Cet hydrogène phosphoré doit d'ailleurs être absorbé par un épurateur adjoint à l'appareil générateur. Un épurateur couramment employé est le chlorure ferrique qui, en se combinant avec l'hydrogène phosphoré donne du chlorure ferreux et de l'acide phosphorique qui est retenu.

2° Tout local dans lequel doivent s'accomplir des travaux de soudure doit être largement aéré et la ventilation doit être facilement assurée. Des mesures précises ont montré que l'ouvrier doit avoir à sa disposition au moins 6 m³ d'air. De plus, la ventilation doit être telle qu'à 1 mètre de la flamme ou de l'arc la contenance en poussière d'un mètre cube d'air ne dépasse pas 3 mmg. Cette condition est réalisée si

l'échange général d'air est fait à raison de 1.500 mètres cubes-heure. L'évacuation doit être placée à un mètre du sol, la vitesse maxima de sortie devant être de 2 mètres cubes-seconde. Ces chiffres sont valables, bien entendu, pour un seul poste de soudure.

Dans la plupart des ateliers, ces conditions sont largement réalisées. Les sources de chaleur, en raison de leur très haute température, produisent, à elles seules, un brassage énergique de l'air et amorcent ainsi une ventilation si le local n'est pas bien clos. L'usage de ventilateurs est pourtant toujours prudent.

Cependant il arrive que des ouvriers soient obligés de souder en espace confiné. Ce cas se rencontre assez souvent dans certains travaux de constructions navales. C'est également le cas des travaux de réparation à des chaudières, des réservoirs, des canalisations, etc... Il faut prévoir alors une ventilation spéciale. Deux procédés sont généralement utilisés.

— Chaque soudeur est muni d'une crépine branchée sur une prise d'air comprimé. Il place cet instrument de façon que le jet d'air soit dirigé le long de la soudure.

— Un deuxième procédé consiste à créer un courant de ventilation en aspirant les fumées. Une buse, reliée par un conduit flexible à un aspirateur, est placée à côté de l'arc ou de la flamme du chalumeau. Il faut prendre la précaution de refouler les fumées loin de l'orifice d'entrée de l'air, de manière à éviter la formation d'un circuit fermé.

Un troisième procédé, beaucoup moins employé, mérite cependant d'être signalé. Il consiste en l'usage d'un écran analogue à celui des soudeurs à l'arc, sur lequel est monté un petit ventilateur. L'air passe à travers un système filtrant et est refoulé dans le voisinage du nez de l'opérateur. Ce procédé, qui est efficace, a l'inconvénient de surcharger l'écran du poids du ventilateur, du filtre et d'un petit moteur électrique. Comme cet écran est tenu à la main, à longueur de journée, les soudeurs préfèrent les deux premiers moyens de ventilation.

Il arrive que les conditions de travail, pour des raisons diverses, rendent impossible une ventilation suffisante. On isolera alors l'ouvrier de l'atmosphère toxique en le munissant d'un masque anti-poussière. Le modèle obligatoire dans les arsenaux est le masque Bellot. Il comprend essentiellement une feuille de coton imbibée, soit d'acide tartrique à 1 pour 15, si on s'attend à des dégagements d'oxyde de zinc, soit d'une solution aqueuse de glycérine à 5 % si le soudeur fait usage d'électrodes enrobées.

D'autres modèles sont employés, généralement à double courant, pour l'air inspiré et pour l'air expiré. Ils sont en somme analogues aux masques prévus pour la protection contre les gaz de combat.

L'ouvrier qui travaille avec le masque est dans une situation inconmode. Il est d'usage, dans les entreprises occupant des soudeurs obligés de travailler

dans ces conditions, d'établir entre eux un roulement et de les relever toutes les deux heures.

Le masque est évidemment un pis aller. Il importe de ne l'utiliser qu'en dernière analyse. D'autre part, il est inutile dans tous les cas où on peut employer un des procédés de ventilation dont nous avons parlé plus haut.

Il reste une façon élégante de soustraire le soudeur à l'action des fumées toxiques. C'est d'employer un poste de soudure automatique. Cet appareil, soudant à l'arc, règle l'apport de métal sans intervention de l'ouvrier. Malheureusement, à l'heure actuelle, tout au moins, il ne peut se plier à toutes les opérations de soudure. Ce fait, joint à son prix élevé, en limite l'emploi.



Il arrive fréquemment que des soudeurs, alléguant des troubles causés par leur travail, demandent à leurs employeurs des primes de lait.

Le lait peut-il être considéré comme un moyen préventif ou curatif des intoxications auxquelles peuvent être exposés les soudeurs ? Les conclusions de la Commission d'Hygiène au Ministère du Travail, lors de sa séance du 20 mai 1938, répondent à cette question.

-- Le lait n'est pas un contre-poison pouvant prévenir l'apparition des maladies professionnelles.

— Sa consommation peut être dangereuse, comme celle de tout autre boisson ou aliment dans un local

où les ouvriers sont exposés à l'action de substances toxiques.

— La prévention des maladies professionnelles ne peut être acquise par la distribution d'aliments, de liquides ou de drogues quelconques.

— L'illusion de sécurité que peut donner l'absorption du lait risque de faire délaisser les véritables précautions, qui sont d'ordre technique ou médical.

La question est donc clairement tranchée : la distribution de lait est inopportune.



Existe-t-il vraiment une « maladie des soudeurs » ? Quand on pose la question à un ouvrier il s'étonne et répond, le plus souvent, que, s'il en existait une, « ça se saurait ». Elle n'est donc sûrement pas fréquente.

Le syndrome décrit par Pozzi est évidemment à retenir, mais, nous l'avons déjà dit, sa fréquence ne nous paraît pas suffisante. Quant aux troubles du métabolisme des hydro-carbones avec disthyroïdie que WIANEK donne pour spécifiques, il faudrait supposer que beaucoup d'ouvriers, qui ne se plaignent pas, en présentent des formes frustres. Une observation systématique portant indistinctement sur des ouvriers se disant en bonne santé et sur des ouvriers accusant des troubles pourrait seule trancher la question.

Dans l'ensemble, les manifestations pathologiques des ouvriers en soudure autogène, sont bien plus le fait de la manipulation de substances toxiques que

de la technique elle-même. Elles se rencontrent dans la plupart des corps de métier qu'emploie l'industrie des métaux.

Seules les lésions oculaires peuvent, jusqu'à un certain point, paraître spécifiques. Mais elles se rencontrent bien moins souvent qu'on pourrait le croire. Quand un débutant, amorçant l'arc avant de se protéger, a reçu quelques « coups d'arc » et a souffert d'une conjunctivite, il devient plus prudent et le souvenir cuisant de sa mésaventure l'incite à se protéger convenablement à l'avenir.

Nous conclurons donc qu'il n'existe pas d'entité morbide ne se rencontrant que chez les soudeurs et avec fréquence, donc qu'il n'existe pas de « maladie des soudeurs ».

La protection contre les dangers possibles est efficace et ainsi le métier de soudeur n'est pas un métier dangereux. Des centaines de milliers d'ouvriers pratiquent la soudure autogène, de par le monde. La morbidité et la mortalité ne sont pas plus importantes chez eux que dans les autres corps de métier.

CONCLUSIONS

I. - La soudure autogène est un procédé industriel qui prend une importance de plus en plus grande dans les industries mécaniques:

Cette importance pose le problème de l'hygiène de l'ouvrier qui le met en pratique.

II. - L'opération de soudure autogène, oxy-acétylénique ou électrique, provoque des phénomènes physico-chimiques susceptibles de créer des désordres organiques chez l'ouvrier soudeur.

III. - Les manifestations pathologiques de l'action de ces phénomènes sont relativement rares et, le plus souvent, peu graves.

Ce sont principalement : des intoxications générales, des lésions de l'appareil respiratoire, des lésions oculaires.

IV. - La protection de l'ouvrier soudeur doit s'attacher :

— à doter l'ouvrier d'un équipement individuel étudié;

- à ne permettre l'emploi des procédés de soudure autogène que dans des conditions bien définies;
- à respecter le Code du Travail.

V. - Le polymorphisme des lésions, leur rareté relative, leur bénignité dans la plupart des cas, l'efficacité actuelle des mesures préventives, ne permettent pas de dire qu'il existe « une maladie des soudeurs ». La pratique de la soudure autogène n'est pas un métier dangereux.

VU : *Le Doyen,*

BEAUDOIN.

VU : *Le Président de Thèse,*

TANON.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

Gilbert GIDEL.

BIBLIOGRAPHIE

BROUARDEL. — Traité d'hygiène.

BULLETINS DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS SOUDEURS.

BEGOUN. — Protection automatique des yeux d'un soudeur à l'arc. (*Avt. Diel.*, février 1937.)

BUTLER. — La sauvegarde de la vue des soudeurs. (*Wdg. Ind.*, avril 1938.)

DE BUCCAR. — Accidents par les rayons infra-rouges. (*Ann. d'Hyg.*, t. 19, n° 2, mars-avril 1941.)

DE LAET (M.) et WISER. — Contribution à l'étude de la pathologie des soudeurs à l'arc. (*Annales de Médecine légale*, 19° année, n° 7, juillet 1939.)

ENZER (N.) et SANDER. — Altérations chroniques du poumon chez les soudeurs à l'arc. (*Journal of Ind. Hygiène and Toxico*, t. 20, n° 5, mai 1938.)

ETIENNE MARTIN. — Hygiène professionnelle de l'ouvrier. (*Médecine du travail*, t. 10, n° 1, janvier 1938.)

FABRE. — Recherches sur le sort des poussières dans l'organisme. (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, n° 22, 1935.)

FABRE et KAHANE. — Introduction à l'étude biochimique des pneumoconioses. (*Archives des maladies professionnelles*, t. 1, n° 1, mars-avril 1938.)

GRANJON et ROSEMBERG. — Traité de soudure autogène et d'oxycoupage.

- HEIM DE BALZAC et LEROY. — Conditions hygiéniques des travaux de soudure. (*Archives des maladies professionnelles*, t. 2, n° spécial 2 bis, mai 1939.)
- HAUSSER. — La distribution de lait peut-elle prévenir les maladies professionnelles. (*Archives des maladies professionnelles*, t. 1, n° 1, mars-avril 1938.)
- LEROY. — Quelques remarques et suggestions sur l'hygiène et la sécurité en matière de soudure oxy-acétylénique et électrique. (*Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail*, novembre 1937.)
- LÉONARD. — L'arc électrique et son application à la soudure.
- LEDoux. — Contribution à l'étude des maladies professionnelles des soudeurs. (*Thèse Strasbourg*, 1937.)
- LIPKOVITSCH. — Hygiène de la soudure à l'arc. (*Arch. f. Gewerbepath. und Gewerbehyg.*, 1934.)
- MAWICK. — Intoxication mortelle lors de la soudure à l'acétylène. (*Arbeitsschutz*, n° 10, octobre 1937.)
- METTEY. — Contribution à l'étude de l'intoxication par le cadmium. (*Thèse Paris*, 1941.)
- MILLER. — Projet de règlement pour la sécurité du travail avec l'arc électrique. (*Avt. Diel.*, février 1937.)
- MOULTON. — Le choix des lunettes de soudure. (*Wdg. Ind.*, février 1938.)
- ODOT. — Contribution à l'étude des cataractes par courant industriel. (*Thèse Paris*, 1938.)
- PORTEVIN. — Les bases scientifiques de la soudure autogène.
- POZZI. — Les maladies professionnelles des arco-soudeurs.
- Les dangers de la soudure à l'arc. (*Archives des maladies professionnelles*, t. 1, n° 5, novembre 1938.)
- SARRAZIN. — La soudure électrique à l'arc.
- SEFERIAN. — Etude des flammes de soudure, édité par l'Institut de soudure autogène.

TITUS WARREN et DRINKER. — Soudure électrique. Accidents respiratoires. (*The Journal of Industrial Hygiène*, juillet 1935.)

VAN THEMISCHE. — La protection des yeux du personnel des ateliers de soudure autogène. (Comm. au 7^e Congrès de Ass. des Ind. de France pour la prévention des acc. du travail, mai 1935.)

— Note sur l'hygiène du travail de soudure au chalumeau dans les espaces confinés. (*La technique de la soudure*, septembre-octobre 1937.)

WANIEK. — Troubles hépatiques et thyroïdiens, manifestation de la maladie des soudeurs. (*Arch. f. Gew. Path. and Geverbehg.*, t. 9, n^o 1, sept. 1938.)

IMPRIMERIE SPÉCIALE DE MM. VIGOT FRÈRES



